

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑪ DE 39 10054 A 1

⑤ Int. Cl. 5:  
H01J 37/30  
C 23 C 14/48  
// H01L 21/265

②1 Aktenzeichen: P 39 10 054.5  
②2 Anmeldetag: 28. 3. 89  
④3 Offenlegungstag: 11. 10. 90

DE 39 10054 A 1

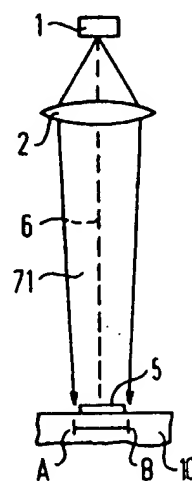
⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Krimmel, Eberhard F., Prof. Dr., 8023 Pullach, DE;  
Bethge, Klaus, Prof. Dr., 6000 Frankfurt, DE

⑤4 Ionenimplantationsanlage

Ionenimplantation eines Targets (5) mit defokussiertem Ionenstrahl (71), der den ganzen Targetquerschnitt mit konstanter Intensitätsverteilung überdeckt (Fig. 2). Die Implantation kann ohne Überhitzung des Targets (5) über die Implantationsdauer zeitlich ununterbrochen durchgeführt werden.

FIG 2



DE 39 10054 A 1

FIG 1

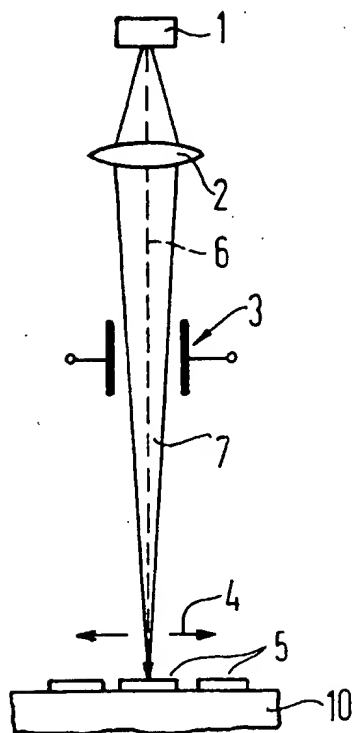


FIG 2

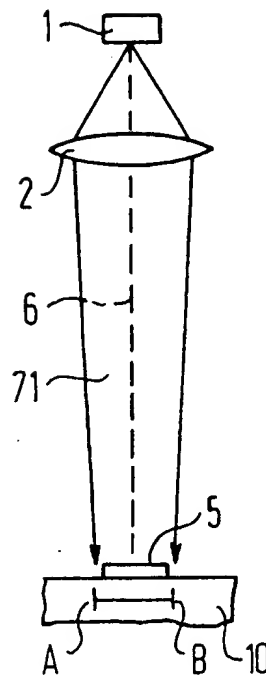


FIG 3

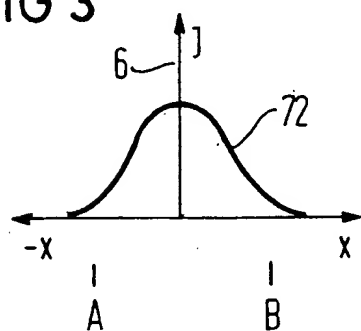
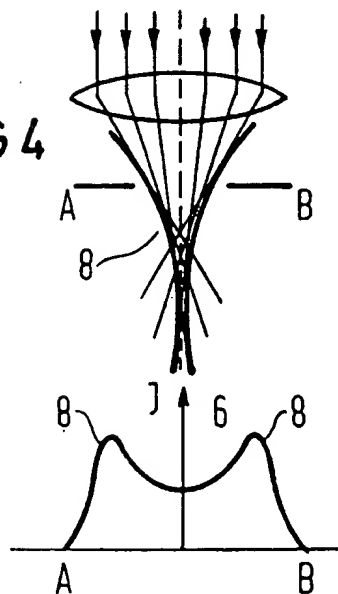


FIG 4



## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Ionenimplantationsanlage mit großflächiger, homogener Ausleuchtung der Targetebene.

Ionenimplantationsanlagen sind hinlänglich bekannt. Sie dienen insbesondere in der Halbleitertechnik dazu, Ionen in Halbleitermaterial zu implantieren, um damit sehr genau abzugrenzende und/oder sehr genau zu dosierende Dotierungen zu erreichen. Solche Ionenimplantationsanlagen sind technisch relativ aufwendig. Insbesondere ist dies der Fall für solche Implantationsanlagen, die zeitlich konstante Bestrahlung des jeweiligen zu implantierenden Targets gewährleisten. Ein weiteres Problem liegt in der Anwendung von Ionenimplantationsanlagen, speziell bei der Bearbeitung von Halbleitermaterial, nämlich daß das Target beim Ionenimplantieren unzuträglich große Erwärmung erfahren kann.

Bei konventioneller Anwendung von Ionenimplantation ist es üblich, das Target, z.B. eine Halbleiterscheibe mit einem fokussierten Ionenstrahl abzurastern, nämlich um im Bereich einer vorgegeben abgegrenzten Fläche das darunterliegende Material gleichmäßig mit Ionen zu implantieren.

In der Lichteoptik besitzt man beinahe ideal emittierende Lichtquellen und hochkorrigierte Linsensysteme, so daß man bezüglich der Auflösung praktisch die Grenzen erreichen kann bzw. bis an die Grenzen gehen kann, die sich aufgrund der Welleneigenschaft des Lichts als prinzipiell ergeben. In der Optik geladene Teilchen ist dies wegen des Fehlens von Korrektur-elementen grundsätzlich anders.

Fig. 1 zeigt das Prinzip einer bekannten Ionenimplantation. Mit 1 ist die Ionenquelle mit Massenseparator bezeichnet.

Mit 2 ist eine Linse bezeichnet, die mit der sich der Ionenstrahl fokussieren läßt. Es ist eine Rastereinheit, ein elektrischer Kondensator oder ein magnetisches Spulensystem vorgesehen, das mit 3 bezeichnet ist und mit dem der ansonsten entlang der optischen Geräteachse 6 verlaufende Ionenstrahl 7 abzulenken ist. Die Pfeile 4 zeigen die aufgrund der Ablenkung zu erreichende Verlagerung des Fokus des Ionenstrahls 7 richtungsmäßig an. Mit 5 sind Targets, z.B. Halbleiterscheiben, bezeichnet, die mit den Ionen des Strahls 7 zu implantieren sind.

Die im Target beim Ionenimplantieren umgesetzte Ionenenergie führt zur Erwärmung des zu implantierenden Targets 5. Der Grad der Erwärmung ist für das Ionenimplantationsergebnis entscheidend. Dies trifft insbesondere für Hochstrom-Hochenergie-Ionenimplantationen zu, die in zunehmendem Maße eine wesentliche Rolle spielen. Eine Erwärmung der Halbleiterscheibe des Targets 5 während der Ionenimplantation kann z.B. zu gleichzeitigem, unerwünschtem Ausheilen von Strahlenschäden und von Einwirkungen auf Dotierstoffelemente führen, womit Ungleichmäßigkeiten in der elektrischen Aktivierung der Dotierstoffatome auftreten kann. Mangels geeigneter ionenoptischer Elemente versucht man bis jetzt dieses Problem dadurch zu beherrschen, daß man in einem einzigen Arbeitsgang eine große Anzahl von Targetscheiben 5 anordnet, die gemeinsam durch ein fokussiertes Strahlenbündel 7 entsprechend der Ablenkung 4 abgerastert werden. Dies erfordert jedoch große, technisch aufwendige Bestrahlungskammern, die sowohl aus vakuumtechnischen Gründen wie aus Gründen der Staubbefreiheit nur eine

Notlösung darstellen.

Mit 10 ist eine Kühlunterlage bezeichnet.

Die sich aus dem Voranstehenden ergebenden Aufgaben werden gemäß der Erfindung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, anstelle der bekanntermaßen verwendeten Vielzahl von Targetscheiben 5, die mit einem fokussierten Ionenstrahlbündel abgerastert und gemeinsam implantiert werden, erfindungsgemäß in einem Arbeitsgang jeweils nur eine einzelne Scheibe ganzflächig mit einem defokussierten, feststehenden Ionenstrahlbündel mit im wesentlichen bzw. vorzugsweise konstanter Intensität zu bestrahlen.

Fig. 2 zeigt ein Prinzipbild einer zu verwendenden Anordnung. Wiederum ist mit 1 die Ionenquelle mit Massenseparator bezeichnet. Desgleichen ist mit 2 die zu verwendende Linse bzw. Elektronenstrahl-optik bezeichnet. Das Ionenstrahlbündel ist in Fig. 2 mit 71 bezeichnet. Wie aus Fig. 2 ersichtlich, hat dieses Ionenstrahlbündel 71 eine solche Breite A-B bzw. Querschnittsfläche, daß es die gesamte Fläche der Targetscheibe 5 überdeckt.

Mit der vorliegenden Erfindung läßt sich eine solche Ionenimplantation durchführen, deren Ergebnis hinsichtlich der Implantation gleich der Ionenimplantation nach Fig. 1 ist, bei der aber ansonsten wesentliche Vorteile erzielt werden. Anders als beim konventionellen Abrastern mit zwangsweise verbundenem Einschalten und Abschalten des Ionenstrahls treten bei der Erfindung keine solchen lokalen Unterschiede bzw. Sprünge der lokalen Dosiswerte auf, wie dies nach konventioneller Technik der Fig. 1 praktisch unvermeidlich ist. Eine Ionenimplantationsanlage der Art nach Fig. 2 ist hinsichtlich der Elektronik wesentlich weniger aufwendig, weniger stör anfällig und einfacher zu bedienen. Bei einer großflächig bestrahlten einzelnen Targetscheibe 5 kann die freigesetzte Ionenenergie mittels allgemein bekannter, einfacher technischer Maßnahmen abgeführt und damit die Erwärmung der Targetscheibe 5 gering gehalten werden. Beim erfindungsgemäßen Implantieren einer Einzelscheibe können bevorzugt vakuumtechnisch einfach konstruierte, wenig stör anfällige Strahlungskammern verwendet werden, die zum Stand der Technik vergleichsweise wesentlich kleineres Volumen haben können. Das Beladen und Entladen einer solchen Bestrahlungskammer kann über eine Eingangs- bzw. Ausgangsschleuse mittels eines Magazinsystems durchgeführt werden, und zwar im linearen Durchlaufverfahren.

Diese nur scheinbar als einfach erscheinende Maßnahme der Erfindung ist deshalb anwendbar, weil die Emissionscharakteristik der Ionenquelle 1 und ionenoptische Abbildungsbedingungen vorliegen, die erst kombiniert ein mit der Erfindung zu erreichendes sinnvolles Ergebnis erzielen lassen.

Die Emissionscharakteristik der Ionenquelle 1 hat eine wie in Fig. 3 angegebene Gestalt einer Glockenkurve 72 mit dem Maximum auf der optischen Geräteachse 6. Die abbildende Linse 2 hat eine ansonsten unerwünschte, unvermeidbare sphärische Aberration, die zur Ausbildung einer Kaustik 8 führt, wie dies mit Hilfe der Fig. 4 näher erläutert wird. Diese an sich unerwünschte Erscheinung hat für die Erfindung den Vorteil, daß damit eine für die Anwendung der Erfindung günstige Ionenstrahlintensitätsverteilung eintritt.

Unter der Voraussetzung, daß das einfallende Ionenstrahlbündel über den Querschnitt konstante Intensi-

tätsverteilung besitzt, ist die durch die abbildende Linse 2 erzeugte Form der Wellenfront durch eine unendliche Reihe mit geraden Potenzen der Ortskoordinate beschreibbar. Die Ionenstrahlen ergeben sich dann als die Schar der Orthogonaltrajektorien zu der Wellenfläche. Durch Differentiation der die Wellenfläche beschreibenden Funktion erhält man den Bereich für die Ausbildung der Kaustik. Die Dichte der Orthogonaltrajektorien, d.h. die Strahlungsdichte nimmt mit dem Abstand von der Achse 6 bis zur Kaustik hin zu, wie für den komplizierteren kohärenten Fall in Krimmel, Zeitschrift für Physik, 163, (1961), S. 339 ff., dort jedoch für Elektronen, gezeigt ist. Aus Symmetriegründen ist die Emissionscharakteristik der Ionenquelle durch eine unendliche Reihe in geraden Potenzen der Ortskoordinaten des Beobachtungspunktes beschreibbar, wobei die Intensität mit dem Abstand von der Achse 6 abnimmt. Damit läßt sich durch Überlagerung der beiden vorgenannten Funktionen bei vorzugebenden Linsenparametern in der Umgebung der optischen Achse für eine bestimmte Bildebene eine Kompensation hinsichtlich der Intensität erreichen. Es läßt sich dort ein Bereich mit ausreichend konstanter Bestrahlungsintensität erzielen. Für diese Intensitätskorrektur werden Linsen mit besonders großer sphärischer Aberration verwendet.

Zahlenbeispiele zum Temperaturanstieg an der Frontseite einer auf einer Kühlunterlage 10 montierten Siliziumscheibe als Target 5, und zwar bei erfindungsgemäß großflächigem Bestrahlen mit konstanter Intensität ist folgendes:

Scheibendurchmesser	12 cm	
Scheibendicke	0,1 cm	
Wärmeleitfähigkeit	1,6 W/cm K	
Ionenenergie	1 MeV	35
Ionenstrom	10 mA	
Dosis	10 E 16/cm <sup>2</sup>	
Implantationszeit	ca. 10 s	
Temperaturerhöhung	ca. 10 K	40

Der Wert der Temperaturerhöhung hängt noch von der thermischen Kopplung zwischen der als Target 5 verwendeten Scheibe und der Kühlunterlage 10 ab.

#### Patentansprüche

1. Ionenimplantationsanlage (Fig. 2) mit defokussiertem Ionenstrahl (71) mit einem Strahlquerschnitt am Ort des Targets (5) gleich oder größer als die Fläche des Targets (5) und mit über diesen Querschnitt des Ionenstrahls konstanter Intensitätsverteilung.
2. Verfahren der Ionenimplantation mit verringerter Erwärmung des zu implantierenden Targets, wobei eine Ionenquelle (1) und Fokussierungsmittel (2) verwendet werden, gekennzeichnet dadurch, daß das Target (5) als einzelne Scheibe mit einem derart defokussierten Ionenstrahl (71) mit im wesentlichen konstanten Intensitätsprofil über den Strahlquerschnitt A-B an dem für das Target (5) vorgesehenen Ort für die vorgesehene Dauer bestrahlt wird, wobei der Strahlquerschnitt die Fläche des Targets (5) überdeckt und wobei sich das konstante Intensitätsprofil als Summe aus der Glockenkurve 72 der Emissionscharakteristik der Ionenquelle (Fig. 3) und der einer Kaustik (8) entsprechenden Intensitätsverteilung (Fig. 4).

3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, daß während der vorgesehenen Bestrahlungsdauer zeitlich ununterbrochene Bestrahlung vorgenommen wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen


## Ion-implantation installation

Patent Number: DE3910054  
Publication date: 1990-10-11  
Inventor(s): KRIMMEL EBERHARD F PROF DR (DE); BETHGE  
KLAUS PROF DR (DE)  
Applicant(s):: SIEMENS AG (DE)  
Requested  
Patent: ☐ DE3910054  
Application  
Number: DE19893910054 19890328  
Priority Number  
(s): DE19893910054 19890328  
IPC  
Classification: C23C14/48 ; H01J37/30  
EC Classification: H01J37/317A  
Equivalents:

---

### Abstract

---

Ion implantation of a target (5) with defocused ion beam (71), which covers the whole target cross-section with constant intensity distribution (Fig. 2). The implantation can be carried out, without the target (5) overheating, over the implantation period without being temporarily interrupted. 

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2